

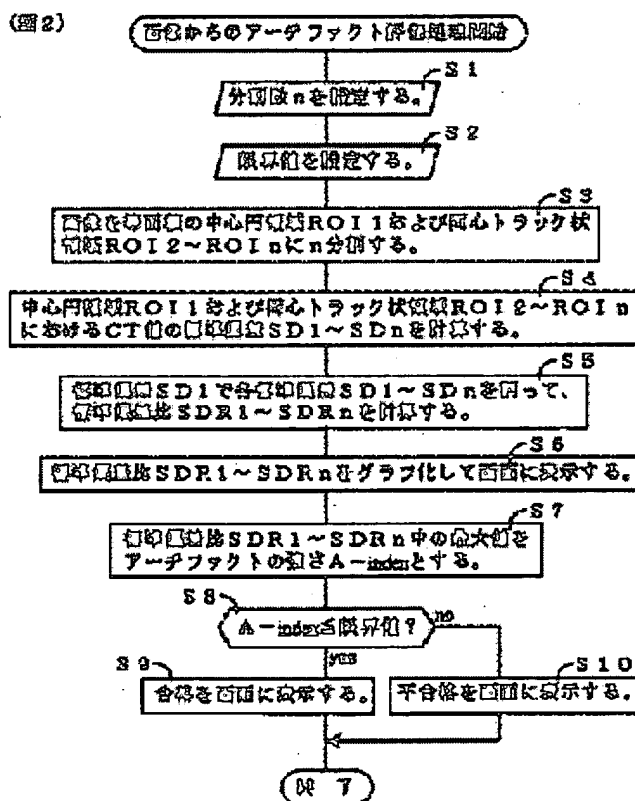
## ARTIFACT EVALUATION METHOD AND PROGRAM, AND X-RAY CT DEVICE

Patent number: JP2002253546  
 Publication date: 2002-09-10  
 Inventor: WATANABE SHIGERU; YANAGIDA HIROFUMI; SATO AKIKO  
 Applicant: GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL TECHNOLOGY CO LLC  
 Classification:  
 - international: A61B6/03; G06T1/00  
 - european:  
 Application number: JP20010043993 20010220  
 Priority number(s):

## Abstract of JP2002253546

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an artifact evaluation method allowing anyone to objectively evaluate the strength of artifact caused by noise.

SOLUTION: A central circle region ROI1 and n-1 central circle track regions ROI2-ROIn having the same area are partitioned on an image photographing a homogeneous substance or air, standard deviations SD1-SDn of pixel values in the respective regions ROI1-ROIn are calculated, the standard deviations SD1-SDn are standardized to calculate standard deviation ratios SDR1-SDRn, the maximum value in the standard deviation ratios SDR1-SDRn is set to the strength A-index of the artifact, and the strength A-index of the artifact and a set limit value is compared to determine whether being acceptance or rejection.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-43993

(P2001-43993A)

(43) 公開日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 5 G 1/34		H 0 5 G 1/34	A 4 C 0 9 2
A 6 1 B 6/03	3 3 0	A 6 1 B 6/03	3 3 0 B 4 C 0 9 3

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-217356

(22) 出願日 平成11年7月30日 (1999.7.30)

(71) 出願人 000121936

ジーイー横河メディカルシステム株式会社  
東京都日野市旭が丘4丁目7番地の127

(72) 発明者 堀内 哲也

東京都日野市旭が丘4丁目7番地の127  
ジーイー横河メディカルシステム株式会社  
内

(74) 代理人 100085187

弁理士 井島 藤治 (外1名)

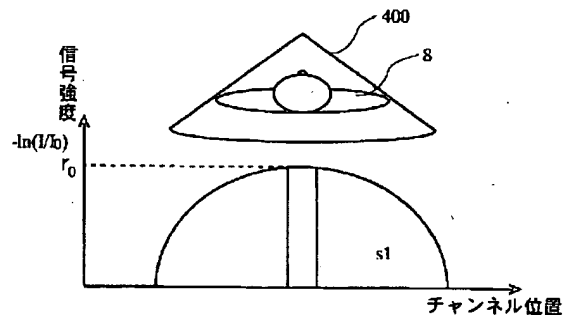
Fターム(参考) 4C092 AC01 AC17 CC11 CD03 CF07  
CF14 DD04  
4C093 AA22 CA34 EA12 EB12 EB13  
EB15 EB16 EC41

(54) 【発明の名称】 管電流調節方法および装置並びにX線CT装置

(57) 【要約】

【課題】 能率の良い管電流調節方法および装置、並びに、そのような管電流調節装置を備えたX線CT装置を実現する。

【解決手段】 管電流最適化を、撮像対象の投影シヨン面積および撮像対象の断面を楕円と仮定したときの長径と短径の比に基づいて行うに当たり、長径または短径の方向での投影シヨン面積  $s_1$  を求め、一方の径の長さ  $r_0$  は投影シヨンの中央部の値によって定め、他方の径の長さは投影シヨンの面積  $s_1$  と径  $r_0$  を用いて楕円の面積の公式により計算する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透過X線による撮像対象のプロジェクションの面積および前記撮像対象の断面を楕円と仮定したときの長径と短径の比に基づいてX線管の管電流を調節する管電流調節方法であって、

前記長径または短径のいずれかの方向において前記撮像対象をX線で透視したプロジェクションの面積を求め、前記透視した方向の径の長さを前記プロジェクションの中央部の値に基づいて定め、

前記定めた径に垂直な径の長さを前記求めたプロジェクションの面積と前記求めた径の長さを用いて計算する、ことを特徴とする管電流調節方法。

【請求項2】 透過X線による撮像対象のプロジェクションの面積および前記撮像対象の断面を楕円と仮定したときの長径と短径の比に基づいてX線管の管電流を調節する管電流調節装置であって、

前記長径または短径のいずれかの方向において前記撮像対象をX線で透視したプロジェクションの面積を求める面積計算手段と、

前記透視した方向の径の長さを前記プロジェクションの中央部の値に基づいて定める径確定手段と、

前記定めた径に垂直な径の長さを前記求めたプロジェクションの面積と前記求めた径の長さを用いて計算する径計算手段と、を具備することを特徴とする管電流調節装置。

【請求項3】 X線管を含むX線照射手段と、前記X線管の管電流を調節する管電流調節手段と、X線検出手段と、前記X線検出手段で検出した複数ビューのX線検出信号に基づいて断層像を生成する断層像生成手段とを有するX線CT装置であって、

前記管電流調節手段として請求項2に記載の管電流調節装置を用いることを特徴とするX線CT装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、管電流調節方法および装置並びにX線CT (computerized tomography) 装置に関し、特に、X線管の管電流を最適化するための管電流調節方法および装置、並びに、そのような管電流調節装置を備えたX線CT装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】X線CT装置において、X線管を含むX線照射装置は、撮影範囲を包含する広がり(幅)を持ちそれに垂直な方向に厚みを持つX線ビーム (beam) を照射する。X線ビームの厚みはコリメータ (collimator) のX線通過開口 (アパーチャ: aperture) の開度を調節することにより変更できるようになっており、これによって撮影のスライス (slice) 厚が調節される。

【0003】X線検出装置は、X線ビームの幅の方向に

多数 (例えば1000個程度) のX線検出素子をアレイ (array) 状に配列した多チャンネル (channel) のX線検出器を有し、それによってX線を検出するようになっている。

【0004】X線照射・検出装置を撮影対象の周りで回転 (スキャン: scan) させて、撮影対象の周囲の複数のビュー (view) 方向でそれぞれX線による撮影対象の投影像 (プロジェクション: projection) を求め、それらプロジェクションデータ (projection data) に基づいてコンピュータ (computer) により断層像を生成 (再構成) する。

【0005】再構成画像の品質を表す指標のひとつとして標準偏差 (SD: Standard Deviation) が用いられる。SDは、X線管の管電流を一定としたとき、撮像対象のプロジェクションの面積と強い相関があるので、適正なSDの断層像を得るために、プロジェクションの面積に応じて管電流を自動調節することが行われる。

【0006】管電流の自動調節に当たっては、予め撮像対象をX線で透視してプロジェクションを求め、その面積に応じて適正な管電流を求める。その際、撮像対象となる人体等の断面は概ね楕円形であり、長径方向と短径方向ではX線の透過量が異なるので、オーバルレシオ (oval ratio) すなわち長径と短径の比に応じて、上記求めた管電流を補正するようにしている。

【0007】長径および短径の長さを求めるために、撮像対象を正面 (0° 方向) および側面 (90° 方向) からそれぞれX線で透視し、0° 方向のプロジェクションの中央部の値を短径の長さとし、90° 方向のプロジェクションの中央部の値を長径の長さとする。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記の管電流調節では、撮像対象を0° 方向および90° 方向からそれぞれX線で透視しなければならないので能率が悪いという問題があった。また、透視を2度行わなければならないので、撮像対象のX線の被曝量が増えるという問題があった。

【0009】本発明は上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、能率の良い管電流調節方法および装置、並びに、そのような管電流調節装置を備えたX線CT装置を実現することである。また、撮像対象のX線の被曝量が少ない管電流調節方法および装置、並びに、そのような管電流調節装置を備えたX線CT装置を実現することを目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】(1) 上記の課題を解決するための第1の観点での発明は、透過X線による撮像対象のプロジェクションの面積および前記撮像対象の断面を楕円と仮定したときの長径と短径の比に基づいてX線管の管電流を調節する管電流調節方法であって、前記

長径または短径のいずれかの方向において前記撮像対象をX線で透視したプロジェクションの面積を求め、前記透視した方向の径の長さを前記プロジェクションの中央部の値に基づいて定め、前記定めた径に垂直な径の長さを前記求めたプロジェクションの面積と前記求めた径の長さを用いて計算することを特徴とする管電流調節方法である。

【0011】(2) 上記の課題を解決するための第2の観点での発明は、透過X線による撮像対象のプロジェクションの面積および前記撮像対象の断面を楕円と仮定したときの長径と短径の比に基づいてX線管の管電流を調節する管電流調節装置であって、前記長径または短径のいずれかの方向において前記撮像対象をX線で透視したプロジェクションの面積を求める面積計算手段と、前記透視した方向の径の長さを前記プロジェクションの中央部の値に基づいて定める径確定手段と、前記定めた径に垂直な径の長さを前記求めたプロジェクションの面積と前記求めた径の長さを用いて計算する径計算手段とを具備することを特徴とする管電流調節装置である。

【0012】(3) 上記の課題を解決するための第3の観点での発明は、X線管を含むX線照射手段と、前記X線管の管電流を調節する管電流調節手段と、X線検出手段と、前記X線検出手段で検出した複数ビュアのX線検出信号に基づいて断層像を生成する断層像生成手段とを有するX線CT装置であって、前記管電流調節手段として(2)に記載の管電流調節装置を用いることを特徴とするX線CT装置である。

【0013】(4) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、X線管の管電流を調節し、前記X線管からX線を照射し、前記X線を検出し、前記検出した複数ビュアのX線検出信号に基づいて断層像を生成するに当たり、前記管電流を調節するのに(1)に記載の方法を用いることを特徴とするX線断層撮像方法である。

【0014】(作用) 本発明では、長径または短径のいずれかの方向において撮像対象をX線で透視してプロジェクションを求め、透視した方向の径の長さはプロジェクションの中央部の値に基づいて定め、それに垂直な径の長さはプロジェクションの面積と透視した方向の径の長さを用いて計算する。これにより、透視は一方向からのみで済む。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。図1にX線CT装置のブロック(block)図を示す。本装置は本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0016】図1に示すように、本装置は、走査ガント

リ(gantry)2、撮像テーブル(table)4および操作コンソール(console)6を備えている。走査ガントリ2はX線管20を有する。X線管20から放射された図示しないX線は、コリメータ22により例えば扇状のX線ビームすなわちファンビーム(fan beam)となるように成形され、検出器アレイ24に照射される。検出器アレイ24は、扇状のX線ビームの幅の方向にアレイ状に配列された複数のX線検出素子を有する。検出器アレイ24の構成については後にあらためて説明する。

【0017】X線管20およびコリメータ22は、本発明におけるX線照射手段の実施の形態の一例である。検出器アレイ24は、本発明におけるX線検出手段の実施の形態の一例である。X線管20、コリメータ22および検出器アレイ24は、X線照射・検出装置を構成する。X線照射・検出装置については、後にあらためて説明する。検出器アレイ24にはデータ収集部26が接続されている。データ収集部26は検出器アレイ24の個々のX線検出素子の検出データを収集する。

【0018】X線管20からのX線の照射は、X線コントローラ(controller)28によって制御される。なお、X線管20とX線コントローラ28との接続関係については図示を省略する。コリメータ22は、コリメータコントローラ30によって制御される。なお、コリメータ22とコリメータコントローラ30との接続関係については図示を省略する。

【0019】以上のX線管20からコリメータコントローラ30までのものが、走査ガントリ2の回転部34に搭載されている。回転部34の回転は、回転コントローラ36によって制御される。なお、回転部34と回転コントローラ36との接続関係については図示を省略する。

【0020】撮像テーブル4は、図示しない撮像対象を走査ガントリ2のX線照射空間に搬入および搬出するようになっている。撮像対象とX線照射空間との関係については後にあらためて説明する。

【0021】操作コンソール6は、中央処理装置60を有している。中央処理装置60は、例えばコンピュータ(computer)等によって構成される。中央処理装置60には、制御インターフェース(interface)62が接続されている。制御インターフェース62には、走査ガントリ2と撮像テーブル4が接続されている。中央処理装置60は制御インターフェース62を通じて走査ガントリ2および撮像テーブル4を制御する。

【0022】走査ガントリ2内のデータ収集部26、X線コントローラ28、コリメータコントローラ30および回転コントローラ36が制御インターフェース62を通じて制御される。なお、それら各部と制御インターフェース62との個別の接続については図示を省略する。

【0023】中央処理装置60、制御インターフェース6

2およびX線コントローラ28からなる部分は、本発明の管電流調節装置の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。中央処理装置60、制御インタフェース62およびX線コントローラ28からなる部分は、また、本発明における管電流調節手段の実施の形態の一例である。

【0024】中央処理装置60には、また、データ収集バッファ64が接続されている。データ収集バッファ64には、走査ガントリ2のデータ収集部26が接続されている。データ収集部26で収集されたデータがデータ収集バッファ64に入力される。データ収集バッファ64は、入力データを一時的に記憶する。

【0025】中央処理装置60は、データ収集バッファ64を通じて収集した複数ビューのプロジェクションに基づいて画像再構成を行う。中央処理装置60は、本発明における断層像生成手段の実施の形態の一例である。画像再構成には、例えばフィルタード・バックプロジェクション(filtered back projection)法等が用いられる。中央処理装置60には、また、記憶装置66が接続されている。記憶装置66は、各種のデータや再構成画像およびプログラム(program)等を記憶する。

【0026】中央処理装置60には、また、表示装置68と操作装置70がそれぞれ接続されている。表示装置68は、中央処理装置60から出力される再構成画像やその他の情報を表示するようになっている。操作装置70は、操作者によって操作され、各種の指示や情報等を中央処理装置60に入力するようになっている。

【0027】図2に、検出器アレイ24の模式的構成を示す。検出器アレイ24は、多数のX線検出素子24(i)を配列した、多チャンネルのX線検出器となっている。多数のX線検出素子24(i)は、全体として、円筒凹面状に湾曲したX線入射面を形成する。iはチャンネル番号であり例えば $i=1\sim1000$ である。

【0028】X線検出素子24(i)は、例えばシンチレータ(scintillator)とフォトダイオード(photo diode)の組み合わせによって構成される。なお、これに限るものではなく、例えばカドミウム・テルル(CdTe)等を利用した半導体X線検出素子、あるいは、キセノン(Xe)ガスを利用した電離箱型のX線検出素子であって良い。

【0029】図3に、X線照射・検出装置におけるX線管20とコリメータ22と検出器アレイ24の相互関係を示す。なお、図3の(a)は走査ガントリ2の正面から見た状態を示す図、(b)は側面から見た状態を示す図である。同図に示すように、X線管20から放射されたX線は、コリメータ22により扇状のX線ビーム400となるように成形され、検出器アレイ24に照射され

るようになっている。

【0030】図3の(a)では、扇状のX線ビーム400の広がりすなわちX線ビーム400の幅を示す。X線ビーム400の幅方向は、検出器アレイ24におけるチャンネルの配列方向に一致する。(b)ではX線ビーム400の厚みを示す。

【0031】このようなX線ビーム400の扇面に体軸を交差させて、例えば図4に示すように、撮像テーブル4に載置された撮像対象8がX線照射空間に搬入される。走査ガントリ2は、内部にX線照射・検出装置を包含する筒状の構造になっている。

【0032】X線照射空間は、走査ガントリ2の筒状構造の内側空間に形成される。X線ビーム400によってスライスされた撮像対象8の像が検出器アレイ24に投影される。検出器アレイ24によって、撮像対象8を透過したX線が検出される。撮像対象8に照射するX線ビーム400の厚み $t_h$ は、コリメータ22のアパーチャの開度調節により設定される。

【0033】図5に、管電流調節に関する中央処理装置60のブロック図を示す。同図における各ブロックの機能は、例えばコンピュータプログラム等により実現される。同図に示すように、中央処理装置60はプロジェクション面積計算ユニット(unit)602を有する。プロジェクション面積計算ユニット602は、本発明における面積計算手段の実施の形態の一例である。プロジェクション面積計算ユニット602は、撮像対象8をX線で透視して得られるプロジェクションについてその面積を計算する。

【0034】プロジェクション面積計算を図6によって説明する。同図に示すように、撮像対象8についてX線ビーム400により例えば $0^\circ$ 方向のプロジェクションを得たとすると、プロジェクション面積計算ユニット602は、データ収集バッファ64から入力した各チャンネルのプロジェクションデータの総和を求め、これをプロジェクションの面積 $s_1$ とする。

【0035】第1径確定ユニット604は、データ収集バッファ64から入力したプロジェクションデータに基づいて、撮像対象8の断面を楕円と仮定したときの第1の径、すなわち、プロジェクション方向に平行な径の長さを確定する。第1径確定ユニット604は、本発明における径確定手段の実施の形態の一例である。

【0036】プロジェクション方向に平行な径の長さは、プロジェクションの中央部の高さすなわちプロジェクションの中央部におけるプロジェクションデータで表されるので、例えば検出器アレイ24の中央チャンネルで測定したデータに基づくプロジェクションデータを抽出し、これを第1の径の長さ $r_0$ とする。ここでは、第1の径は、 $0^\circ$ 方向のプロジェクションから求めたものであるから楕円の短径となる。なお、第1の径を求めるに当たり、中央チャンネルおよびその近傍の複数チャン

ネルによるプロジェクションデータの平均値を採用することが、確度の高い値を得る点で好ましい。

【0037】第2径計算ユニット606は、プロジェクション面積計算ユニット602から入力したプロジェクション面積と、第1径確定ユニット604から入力した第1の径を用いて、撮像対象8の断面が楕円であると仮定したときの第2の径、すなわち、第1の径に垂直な径（ここでは長径）を計算する。第2径計算ユニット606は、本発明における径計算手段の実施の形態の一例である。

【0038】第2の径の計算は楕円の面積の公式に基づいて行われる。楕円の面積は長径と短径と円周率の積によって定まり、このうち面積s1と短径r0がわかっているのので長径r90は計算によって求めることができる。

【0039】管電流計算ユニット608は、プロジェクション面積計算ユニット602から入力したプロジェクション面積s1に基づいて管電流を計算する。管電流を計算するに当たり、先ずプロジェクション面積s1に対応するSDを求める。プロジェクション面積SとSDの関係は、標準的な管電流の下でのファントム（phantom）計測等により予め求められており、例えば図7に示すような対応関係がメモリに記憶されている。

【0040】そこで、このような関係からプロジェクション面積s1に対応するSD $\delta a$ を求める。このSD $\delta a$ を与える管電流mAaと、再構成画像に要求されるSD $\delta b$ を与える管電流mAbとの間には次式のような関係がある。

【0041】

【数1】

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_a} = \sqrt{\frac{mAa}{mAb}} \quad (1)$$

【0042】そこで、この関係から、

【0043】

【数2】

$$mAb = \left( \frac{\sigma_a}{\sigma_b} \right)^2 \cdot mAa \quad (2)$$

【0044】によって所望の管電流を求める。オーバルレシオ計算ユニット610は、第1径確定ユニット604から入力した第1の径r0および第2径計算ユニット606から入力した第2の径r90を用いてオーバルレシオ

【0045】

【数3】

$$R = \frac{r_{90}}{r_0} \quad (3)$$

【0046】を求める。管電流補正ユニット612は、管電流計算ユニット608から入力した管電流mAa

を、オーバルレシオ計算ユニット610から入力したオーバルレシオRに応じて補正する。オーバルレシオRと補正係数Kの関係は例えば図8に示すように予め与えられており、この関係から求まる補正係数Kを用いて次式のように管電流を補正する。

【0047】

【数4】

$$mA'b = K \cdot mAa \quad (4)$$

【0048】補正後の管電流mA'bを表す信号は制御インタフェース62を通じてX線コントローラ28に与えられる。本装置の動作を説明する。本装置の稼働に当たり、先ず、撮像対象に応じた管電流調節を行う。図9に、管電流調節動作のフロー（flow）図を示す。以下、同図によって管電流調節を説明する。

【0049】先ず、ステップ（step）902で、スカウト（scout）撮影を行う。スカウト撮影は、撮像対象8のこれから断層像を撮像しようとする部位について、所定方向から透視撮影を行うものである。スカウト撮影の方向は例えば0°方向すなわち撮像対象8の正面からとする。なお、0°方向とする代わりに90°方向すなわち撮像対象8の側面から行うようにしても良い。以下、0°方向の例で説明するが、90°方向の場合も同様になる。

【0050】次に、ステップ904でプロジェクション面積s1を計算する。プロジェクション面積s1の計算は、プロジェクション面積計算ユニット602により上述のようにして行われる。

【0051】次に、ステップ906で第1径を確定する。第1径の確定は、第1径確定ユニット604により上述のようにして行われる。次に、ステップ908で第2径を計算する。第2径の計算は、第2径計算ユニット606により上述のようにして行われる。

【0052】次に、ステップ910で管電流を計算する。管電流の計算は、管電流計算ユニット608、オーバルレシオ計算ユニット610および管電流補正ユニット612により上述のようにして行われる。

【0053】このようにして、透視撮影を一方向から行うだけでオーバルレシオによる補正済みの管電流を得ることができる。したがって、管電流調節の能率を高め、また、撮像対象8の被曝量を従来の半分に減らすことができる。

【0054】図10に、本装置の撮像時の動作のフロー図を示す。同図に示すように、ステップ912で、操作者が操作装置70を通じてスキャン計画を入力する。スキャン計画には、X線照射条件、スライス厚、スライス位置等が含まれる。ここで、X線照射条件のうち管電流は上記のように自動調節される。以下、本装置は、入力されたスキャン計画に従い、操作者の操作および中央処理装置60による制御の下で動作する。

【0055】ステップ914ではスキャン位置決めを行

う。すなわち、操作者が操作装置70を操作して撮像テーブル4を移動させ、撮像対象8の撮像部位の中心をX線照射・検出装置の回転の中心（アイソセンタ：iso center）に一致させる。

【0056】このようなスキャン位置決めを行った後にステップ916でスキャンを行う。すなわち、X線照射・検出装置を撮像対象8の周囲で回転させて、例えば1000ビューのプロジェクションをデータ収集バッファ64に収集する。

【0057】スキャン後あるいはスキャンに並行して、ステップ918で画像再構成を行う。すなわち、データ収集バッファ64に収集した複数ビューのプロジェクションに基づき、中央処理装置60が、例えばフィルタード・バックプロジェクション法等によって画像再構成を行い断層像を生成する。

【0058】再構成した断層像はステップ920で表示装置68に表示する。管電流が撮像対象のプロジェクション面積およびオーバーレシオに応じて自動調節されているので、品質の良い断層像を得ることができる。

【0059】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、能率の良い管電流調節方法および装置、並びに、そのような管電流調節装置を備えたX線CT装置を実現することができる。また、撮像対象のX線の被曝量が少ない管電流調節方法および装置、並びに、そのような管電流調節装置を備えたX線CT装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図2】図1に示した装置における検出器アレイの模式図である。

【図3】図1に示した装置におけるX線照射・検出装置の模式図である。

【図4】図1に示した装置におけるX線照射・検出装置

の模式図である。

【図5】管電流調節機能に関する中央処理装置のブロック図である。

【図6】撮像対象のプロジェクトションの概念図である。

【図7】プロジェクション面積とSDの関係を示すグラフである。

【図8】オーバルレシオと管電流補正係数の関係を示すグラフである。

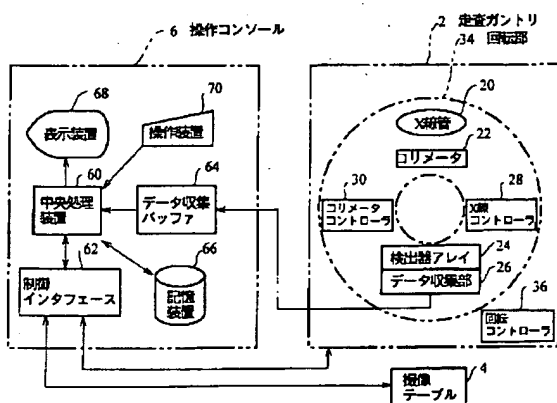
【図9】図1に示した装置の動作のフロー図である。

【図10】図1に示した装置の動作のフロー図である。

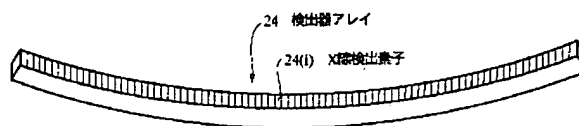
【符号の説明】

- 2 走査ガントリ
- 4 撮像テーブル
- 6 操作コンソール
- 8 撮像対象
- 20 X線管
- 22 コリメータ
- 24 検出器アレイ
- 26 データ収集部
- 28 X線コントローラ
- 30 コリメータコントローラ
- 34 回転部
- 36 回転コントローラ
- 60 中央処理装置
- 62 制御インタフェース
- 64 データ収集バッファ
- 66 記憶装置
- 68 表示装置
- 70 操作装置
- 602 プロジェクション面積計算ユニット
- 604 第1径確定ユニット
- 606 第2径計算ユニット
- 608 管電流計算ユニット
- 610 オーバルレシオ計算ユニット
- 612 管電流補正ユニット

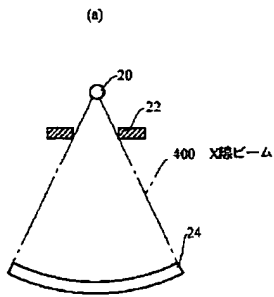
【図1】



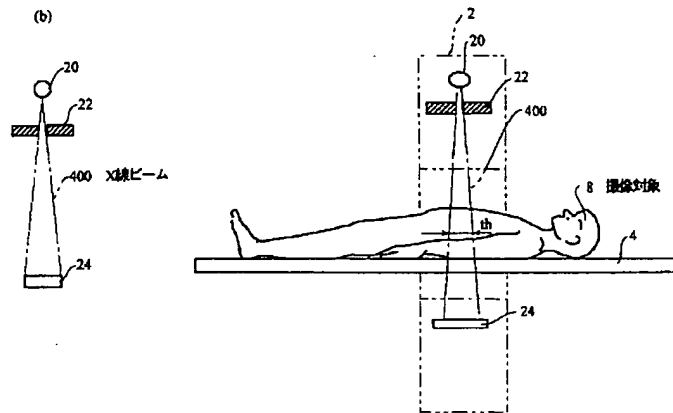
【図2】



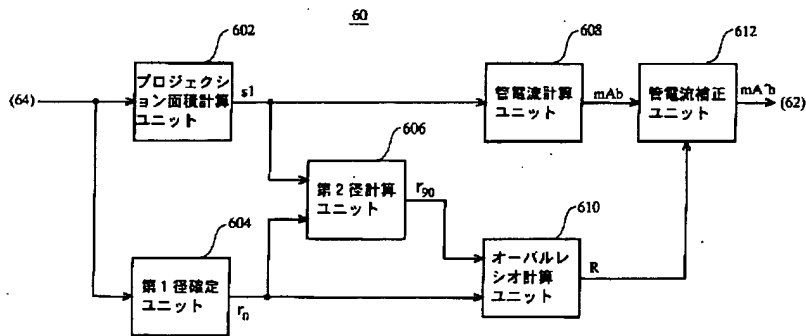
【図3】



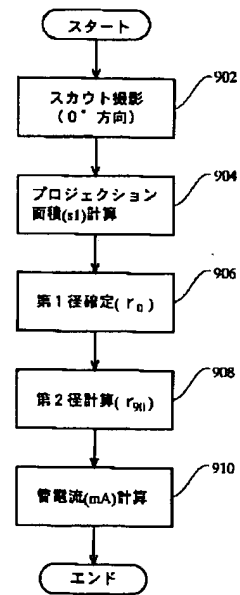
【図4】



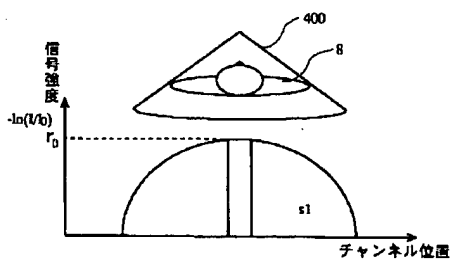
【図5】



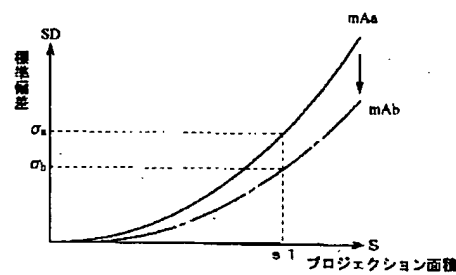
【図9】



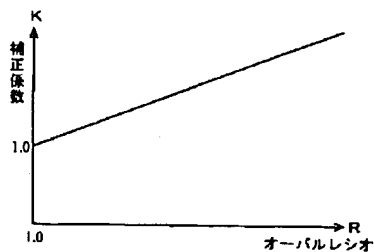
【図6】



【図7】



【図8】





【図10】

